

PENJADWALAN PRODUKSI *FLOW SHOP* PADA SINTETIC STORE MALANG

Desi Amalia Sawitri ¹, Renny Septiari ², Emmalia Adriantantri ³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

Email : desiamalia710@gmail.com

Abstrak, Sintetic Store Malang adalah usaha konveksi berbasis manufaktur, perusahaan masih menggunakan metode *First Come First Serve* (FCFS), metode ini tidak mempertimbangkan durasi proses tiap pesanan, sehingga sering menyebabkan keterlambatan dan denda biaya pengiriman. Penelitian ini bertujuan membuat penjadwalan produksi untuk mengurangi resiko keterlambatan pesanan dan denda biaya pengiriman. Metode yang digunakan adalah tiga metode *heuristik*: *Campbell Dudek Smith* (CDS), *Palmer*, dan *Dannenbring*. Hasil penelitian memperlihatkan ketiga metode memberikan *makespan* lebih rendah dibandingkan FCFS. Di antaranya, metode *Palmer* menghasilkan *makespan* terendah, yaitu 7.695,24 menit, dibandingkan FCFS yang mencapai 7.876,84 menit. Oleh karena itu metode *Palmer* merupakan metode yang disarankan karena mampu menghemat waktu produksi sebanyak 181,6 menit dibandingkan metode yang digunakan perusahaan.

Kata kunci : Penjadwalan Produksi, *Makespan*, *Campbell Dudek Smith* (CDS), *Palmer*, *Dannenbring*

PENDAHULUAN

Dalam industri konveksi, penjadwalan produksi memiliki peran penting dalam menjaga daya saing dan kepuasan pelanggan. Penjadwalan digunakan untuk mengatur urutan kerja sehingga pemakaian sumber daya dan pemenuhan tenggat waktu pesanan menjadi lebih tepat. Model *flow shop production* banyak diterapkan, dengan setiap unit mengikuti rangkaian operasional yang sama pada mesin-mesin berurutan (Andika Ahmad, 2020).

Makespan, yaitu total waktu dari proses mulai hingga semua pesanan selesai, merupakan indikator utama dalam evaluasi penjadwalan. *Makespan* yang rendah menunjukkan urutan pekerjaan yang menekan waktu tunggu antar stasiun dan mengurangi kemungkinan keterlambatan pengiriman pesanan (Safitri, 2019; Wijayanti et al., 2022). Menurut Ginting (2007) dalam (Nanang Nazarudin dan Tegar Putramas, 2022) penjadwalan adalah pengurutan pembuatan atau pengerjaan produk secara menyeluruh yang dikerjakan pada beberapa buah mesin.

Terdapat beberapa kriteria dalam optimasi penjadwalan produksi yang dilakukan Baker et. al. dalam (Leony Tanuwijaya & Palit, 2021) yaitu :

- Makespan* (C_{max}) : jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan order.
- Lateness* (L_j) : waktu selisih antara waktu penyelesaian (C_j) dan due date (D_j). Nilai L_j yang bernilai negative menunjukkan

pesanan yang diselesaikan lebih cepat dari due date, begitu juga sebaliknya.

- Completion time* (C_j) : waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tiap pesanan.
- Tardiness* (T_j) : maksimal waktu keterlambatan order. Nilai ini tidak dapat bernilai negatif. Apabila terdapat pesanan yang diselesaikan lebih cepat, maka akan bernilai nol.
- Number of tardy jobs* : jumlah pesanan yang terlambat
- Slack time* (S_j) : waktu selisih antara waktu proses dan due date
- Unit penalty of job* (U_j) : merupakan nilai unit dari pekerjaan yang terlambat. Apabila $C_j > D_j$ maka akan bernilai satu sedangkan $C_j < D_j$ akan bernilai nol.
- Total weighted completion time* ($\sum W_j C_j$) : total dari waktu penyelesaian dengan memperhatikan prioritas atau bobot dari setiap pesanan.
- Total Weighted lateness* ($\sum W_j T_j$) : total dari waktu keterlambatan pesanan dengan memperhatikan prioritas atau bobot dari setiap pesanan.
- Weighted number of tardy jobs* ($\sum W_j U_j$) : total dari jumlah pekerjaan yang telat dan memperhatikan bobot tiap pekerjaan.
- Earliness* (E_j) : selisih waktu dari due date dan waktu penyelesaian pesanan. Apabila bernilai positif, maka pesanan diselesaikan terlambat sehingga bernilai nol. Jika bernilai

negatif, berarti pesanan diselesaikan lebih cepat.

Sintetic Store Malang masih menggunakan pendekatan *First Come, First Serve* (FCFS), yang tidak mempertimbangkan waktu pengerjaan pesanan sehingga menimbulkan risiko keterlambatan dan biaya penalti. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan tiga metode *heuristik* penjadwalan *Campbell Dudek Smith* (CDS), *Palmer*, dan *Dannenbring*. Hasil dari perhitungan ketiga metode tersebut akan dibandingkan untuk menemukan nilai *makespan* terkecil yang akan dipilih sebagai rekomendasi strategi penjadwalan.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah membuat penjadwalan produksi untuk mengurangi risiko keterlambatan pesanan pada Sintetic Store Malang dengan menggunakan tiga metode penjadwalan yang berbeda yaitu *Campbell Dudek Smith* (CDS), *Palmer*, dan *Dannenbring*, serta membandingkan hasil perhitungan dan memilih hasil yang paling kecil.

METODE

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui observasi yang meliputi pengumpulan waktu proses produksi, waktu proses tiap mesin, data *demand*, biaya keterlambatan, dan jenis produk yang diproduksi. Pada penelitian ini juga menggunakan teknik wawancara dimana peneliti mendengar dan mencatat apa yang dikemukakan oleh *owner* perusahaan.

Penelitian ini menggunakan 3 metode yaitu *Campbell Dudek Smith* (CDS), *Palmer*, dan *Dannenbring* yang bertujuan untuk meminimalkan *makespan*. Untuk rumus perhitungan ketiga metode sebagai berikut:

Metode Campbell Dudek Smith (CDS)

Adalah suatu teknik penjadwalan pekerjaan minimal yang melibatkan n pekerjaan dan m mesin, meskipun terdapat kesan seolah-olah terdapat dua mesin untuk setiap n pekerjaan.

Untuk langkah penentuan urutan Campbell Dudedk Smith sebagai berikut :

- Penentuan jumlah iterasi menggunakan rumus:
 $K = M - 1$

- Waktu yang dibutuhkan untuk memproses pekerjaan ke $- i$ di mesin pertama dihitung menggunakan persamaan :

$$t_{i,1}^k = t_{i,1}$$

- Waktu yang dibutuhkan untuk memproses pekerjaan ke $- i$ di mesin kedua pada iterasi pertama dihitung menggunakan persamaan :

$$t_{i,2}^k = t_{i,m}$$

Kemudian untuk urutan kedua dirumuskan sebagai berikut :

- Waktu yang dibutuhkan untuk memproses pekerjaan ke- i di mesin pertama pada iterasi kedua dihitung menggunakan persamaan :

$$t_{i,1}^k = t_{i,1} + t_{i,2}$$

- Waktu yang dibutuhkan untuk memproses pekerjaan ke $- i$ di mesin kedua pada iterasi kedua dihitung menggunakan persamaan :

$$t_{i,2}^k = t_{i,m} + t_{i,m-1}$$

Sementara untuk urutan ke $- k$ dirumuskan sebagai berikut :

- Waktu yang dibutuhkan untuk memproses pekerjaan ke $- i$ di mesin pertama pada iterasi ke- k menggunakan persamaan :

$$t_{i,1}^k = \sum_{j=1}^m t_{i,j}$$

- Waktu yang dibutuhkan untuk memproses pekerjaan ke $- i$ di mesin kedua pada iterasi ke $- k$ dihitung menggunakan persamaan :

$$t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^m t_{i,j}$$

Keterangan :

i = pekerjaan

j = mesin

m = jumlah mesin

k = iterasi ke-1,2,3,...,($m-1$) (Antari dkk., 2021)

Metode Palmer

Metode *Palmer* atau D.S *Palmer* merupakan teknik penjadwalan yang dikembangkannya berdasarkan *slope index* yang diurutkan secara menurun. Metode *Palmer* mempunyai prinsip bahwa prioritas pada *job* yang terkuat cenderung memajukan dari waktu terpendek sampai dengan waktu terpanjang dalam pengurutan proses.

$$S_i = - \sum_{j=1}^m (m - (2j - 1)) t_{ij}$$

Dimana : $i = 1,2,3,...,n$ dan $j = 1,2,3,...,m$

Keterangan :

S_i = nilai *slop index*

m = jumlah mesin yang dipakai

j = mesin yang digunakan untuk proses *job i*

I = *job* yang diproses

t_{ij} = waktu proses suatu *job* ke $- i$ dan mesin ke $- j$ (Firdaus dkk., 2024)

Metode Dannenbring

Metode *Dannenbring* dikembangkan oleh D.G *Dannenbring* dengan prosedur yang disebut *rapid access*. Langkah-langkah pada *dannenbring* adalah sebagai berikut :

- Menghitung waktu proses untuk mesin pertama

$$Pi1 = \sum(-j + 1).t_{ij}$$
- Menghitung waktu proses seolah-olah untuk mesin kedua

$$Pi2 = \sum(j).t_{ij}$$

 Untuk $i = 1, 2, \dots, n$
 Dimana:

$Pi1$ = waktu proses job ke- i dalam mesin ke - $Pi2$ = waktu proses job ke- i dalam mesin ke -2

i = job yang diproses ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

j = mesin yang digunakan untuk proses *job* i

- Mengitung total waktu penyelesaian *job* (Nuriza & Oktiarso, 2020)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Demand

Data *demand* adalah data permintaan pesanan yang diterima oleh sintetic store pada bulan April 2025. Untuk data pesanan dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Data *Demand* Bulan April 2025

Job	Nama Pesanan	Jumlah Pesanan (pcs)	Tanggal Pesanan	Due Date
1	Kaos 16s <i>label heavy weight white</i>	260	1 April	15 April
2	Kaos Polo Hitam	120	2 April	16 April
3	Kaos 24s <i>label putih Hitam</i>	180	3 April	17 April
4	Kaos Polo Navy	200	3 April	17 April

(Sumber : Data Pesanan Sintetic Store)

Data *demand* yang tercantum dalam tabel 1 menunjukkan jumlah pesanan untuk masing-masing jenis produk kaos beserta batas waktu penyelesaiannya. Jumlah pesanan ini nantinya akan digunakan sebagai dasar dalam menghitung total waktu proses yang diperlukan oleh mesin untuk memproduksi setiap jenis barang.

Waktu Proses Tiap Mesin

Pengukuran waktu standar dilakukan dengan pengamatan langsung (*stopwatch time study*) dengan 5 kali pengukuran sebanyak 10 pekerja untuk tiap aktivitas di 2 jalur produksi.

Berikut data waktu untuk setiap proses produksi dalam satuan (detik):

Tabel 2. Data waktu proses produksi Job 1

Tahapan Produksi	Mesin	Obsv 1 (detik)	Obsv 2 (detik)	Obsv 3 (detik)	Obsv 4 (detik)	Obsv 5 (detik)
Pembuatan Pola Kaos	1	52'	54'	50'	53'	51'
	2	55'	52'	55'	54'	50'
Pemotongan Pola	1	67'	68'	66'	65'	68'
	2	70'	71'	67'	65'	69'
Penjahitan Kaos	1	840'	842'	843'	841'	845'
	2	845'	843'	844'	842'	846'
Penjahitan Rib Leher	1	41'	42'	42'	43'	41'
	2	43'	44'	42'	45'	43'
Pemeriksaan	1	49'	50'	48'	51'	49'
	2	47'	52'	50'	49'	47'

(Sumber : Data Pengamatan)

Tabel 3. Data waktu proses produksi Job 2

Tahapan Produksi	Mesin	Obsv 1 (detik)	Obsv 2 (detik)	Obsv 3 (detik)	Obsv 4 (detik)	Obsv 5 (detik)
Pembuatan Pola Kaos	1	66'	68'	67'	69'	64'
	2	69'	67'	65'	66'	68'
Pemotongan Pola	1	75'	77'	74'	76'	73'
	2	77'	75'	73'	74'	76'
Penjahitan Kaos	1	993'	996'	997'	991'	993'
	2	995'	993'	997'	995'	991'

Tahapan Produksi	Mesin	Obsv 1 (detik)	Obsv 2 (detik)	Obsv 3 (detik)	Obsv 4 (detik)	Obsv 5 (detik)
Penjahitan Rib Leher	1	76'	77'	78'	75'	80'
	2	74'	78'	76'	75'	82'
Pemeriksaan	1	51'	49'	50'	52'	48'
	2	52'	54'	48'	50'	46'

(Sumber : Data Pengamatan)

Tabel 4. Data waktu proses produksi Job 3

Tahapan Produksi	Mesin	Obsv 1 (detik)	Obsv 2 (detik)	Obsv 3 (detik)	Obsv 4 (detik)	Obsv 5 (detik)
Pembuatan Pola Kaos	1	55'	53'	50'	52'	54'
	2	58'	50'	52'	55'	57'
Pemotongan Pola	1	69'	70'	68'	69'	67'
	2	66'	72'	65'	67'	70'
Penjahitan Kaos	1	843'	842'	841'	841'	844'
	2	845'	840'	838'	843'	847'
Penjahitan Rib Leher	1	43'	42'	44'	43'	45'
	2	41'	46'	42'	47'	44'
Pemeriksaan	1	51'	50'	49'	51'	53'
	2	53'	46'	52'	48'	56'

(Sumber : Data Pengamatan)

Tabel 5. Data waktu proses produksi Job 4

Tahapan Produksi	Mesin	Obsv 1 (detik)	Obsv 2 (detik)	Obsv 3 (detik)	Obsv 4 (detik)	Obsv 5 (detik)
Pembuatan Pola Kaos	1	66'	68'	67'	69'	64'
	2	69'	67'	65'	66'	68'
Pemotongan Pola	1	75'	77'	74'	76'	73'
	2	77'	75'	73'	74'	76'
Penjahitan Kaos	1	993'	996'	997'	991'	993'
	2	995'	993'	997'	995'	991'
Penjahitan Rib Leher	1	76'	77'	78'	75'	80'
	2	74'	78'	76'	75'	82'
Pemeriksaan	1	51'	49'	50'	52'	48'
	2	52'	54'	48'	50'	46'

(Sumber : Data Pengamatan)

Data pada tabel 2 sampai dengan tabel 5 merupakan data waktu proses tiap mesin dimana untuk satu tahapan produksi terdapat 2 mesin yang bekerja. Data waktu yang diambil menggunakan satuan detik merupakan data untuk per pakaian. Data tersebut akan digunakan sebagai dasar perhitungan ketiga metode dalam penelitian ini.

Biaya Keterlambatan

Biaya keterlambatan dikeluarkan oleh perusahaan apabila terjadi keterlambatan pesanan dimana untuk produk dengan harga diatas Rp 80.000 maka biaya keterlambatan per pcs per hari adalah Rp 1.000 sedangkan untuk produk dengan harga dibawah Rp. 80.000 maka biaya keterlambatan per pcs per hari adalah Rp

500. Namun tidak ada keterlambatan pesanan yang dialami.

Uji keseragaman data

Selanjutnya dilakukan uji keseragaman data untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan memiliki pola yang konsisten. Berdasarkan hasil uji keseragaman data didapatkan hasil bahwa data yang digunakan telah seragam karena tidak melewati batas kontrol atas dan batas kontrol bawah.

Uji Kecukupan Data

Kemudian dilakukan uji kecukupan data untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan cukup. Berdasarkan hasil uji kecukupan data didapatkan bahwa data yang digunakan cukup.

Rating performance

Penentuan *performance rating* menggunakan parameter berdasarkan tabel

Nilai Faktor Penyesuaian dan hasil wawancara dengan *owner* dan *coordinator* produksi sintetic store malang.

Tabel 7. Nilai Faktor Penyesuaian

SKILL		EFFORT		CONDITION		CONSISTENCY	
+0,15	A1 <i>Superskill</i>	+0,13	A1 <i>Superskill</i>	+0,06	A <i>Ideal</i>	+0,04	A <i>Ideal</i>
+0,13	A2	+0,12	A2	+0,04	B <i>Excellent</i>	+0,03	B <i>Excellent</i>
+0,11	B1 <i>Excellent</i>	+0,10	B1 <i>Excellent</i>	+0,02	C <i>Good</i>	+0,01	C <i>Good</i>
+0,08	B2	+0,08	B2	+0,00	D <i>Average</i>	0,00	D <i>Average</i>
+0,06	C1 <i>Good</i>	+0,05	C1 <i>Good</i>	-0,03	E <i>Fair</i>	-0,02	E <i>Fair</i>
+0,03	C2	+0,02	C2	-0,07	F <i>Poor</i>	-0,04	F <i>Poor</i>
+0,00	D <i>Average</i>	0,00	D <i>Average</i>				
-0,05	E1 <i>Fair</i>	-0,04	E1 <i>Fair</i>				
-0,10	E2	-0,08	E2				
-0,16	F1 <i>Poor</i>	-0,12	F1 <i>Poor</i>				
-0,22	F2	-0,17	F2				

(Sumber : Aldo buyung, 2021)

Tabel 7 berisi faktor penyesuaian untuk keahlian, usaha, kondisi kerja, dan konsistensi yang digunakan untuk mengoreksi waktu siklus, waktu baku, dan waktu standar dalam penjadwalan produksi flow *shop*. Nilai positif menunjukkan pekerja lebih cepat (misal kategori "A1 *Superskill*"), sedangkan nilai negatif menunjukkan

waktu proses yang bertambah karena performa lebih rendah (misal "F2 *Poor*"). Penyesuaian ini penting agar waktu proses mencerminkan kondisi nyata lapangan dan faktor manusia, sehingga perencanaan jadwal dan efisiensi produksi menjadi lebih akurat dan realistis.

Tabel 8. Rekapitulasi Nilai *Performance Rating*

Tahapan Produksi	Pekerja	Skill	Effort	Condition	Consistency	PR (1+ rating)
Pembuatan Pola	Pekerja mesin 1 dan 2	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	1
Pemotongan Pola	Pekerja mesin 1 dan 2	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	1
Penjahitan Kaos	Pekerja mesin 1 dan 2	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	1
Penjahitan Rib Leher	Pekerja mesin 1 dan 2	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	1
Pemeriksaan	Pekerja mesin 1 dan 2	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	0 (D) <i>Average</i>	1

(Sumber : Hasil Pengamatan dan Pengolahan Data)

Sebagai contoh hasil penentuan *performance rating* pekerja 1 dan 2 akan dijelaskan pada proses pembuatan pola: Pekerja melakukan pekerjaan sesuai prosedur kerja. Kemampuan pekerja dianggap rata-rata sehingga nilai *skill* diberikan 0 (D). Usaha dan konsistensi pekerja juga stabil, sehingga *effort* diberikan nilai 0 (D). Kondisi ruang kerja, termasuk temperatur dan kebisingan, berada pada tingkat wajar, maka *condition* diberikan nilai 0 (D). Konsistensi output yang dihasilkan oleh

pekerja berada pada rata – rata yang sama, sehingga *consistency* juga diberikan nilai 0.

Tabel 8 merupakan nilai *performance rating* dari semua pekerja berdasarkan pengamatan secara langsung dan hasil wawancara dengan *owner* dan *coordinator* produksi sintetic store malang. Nilai PR 1 = 100%.

Faktor Kelonggaran (*Allowance*)

Allowance dari setiap pekerjaan pada 5 *workstation* berdasarkan tabel 10 untuk

eterangan tiap faktor dituliskan a,b,c, dst..
sesuai pada tabel 9

Tabel 9. Allowance ILO

I	Kelonggaran Tetap	%
	a. Kelonggaran pribadi	5
	b. Kelonggaran kelelahan dasar	4
II	Kelonggaran Tidak Tetap	
	c. Kelonggaran berdiri	2
	d. Kelonggaran posisi tidak normal	
	Cukup kaku	0
	Kaku	2
	Sangat kaku	7
	e. Menggunakan tenaga atau energi otot (mengangkat, menarik, mendorong)	
	Berat beban yang diangkat saat bekerja	
	5 lb atau 2,26 kg	0
	10 lb atau 4,53 kg	1
	15 lb atau 6,8 kg	2
	20 lb atau 9,07 kg	3
	25 lb atau 11,33 kg	4
	30 lb atau 13,6 kg	5
	35 lb atau 15,87 kg	7
	40 lb atau 18,14 kg	9
	45 lb atau 20,41 kg	11
	50 lb atau 22,67 kg	13
	60 lb atau 27,21 kg	17
	70 lb atau 31,75 kg	22
	f. Cahaya tidak bagus	
	Sedikit dibawah rekomendasi	0
	Jauh dibawah rekomendasi	2
	Benar – benar tidak cukup	5
	g. Kondisi udara	
	Temperatur (°C)	
	1. Dibawah 0	Diatas 10
	2. 0 – 13	10 – 5
	3. 13 – 22	5 – 0
	4. 22 – 28	0 – 5
	5. 28 – 38	5 – 40
	6. Diatas 38	Diatas 40
	h. Tingkat perhatian	0
	Cukup/sedang	2
	Teliti	5
	Sangat teliti	
	i. Tingkat kebisingan	
	Berkelanjutan	0
	Terputus – putus keras	2
	Terputus – putus sangat keras	5
	Nada tinggi keras	5
	j. Ketegangan mental	
	Proses yang cukup rumit	1
	Rumit atau butuh perhatian yang serius	4
	Sangat rumit	8
	k. Tingkat monoton	
	Rendah	0
	Sedang	1
	Tinggi	4
	l. Kebosanan	
	Agak membosankan	0
	Bosan	2
	Sangat bosan	5

(Sumber : Niebel dalam Wafi Hanan Khaisar Aji, 2021)

Dalam penjadwalan produksi dan perhitungan waktu standar, kelonggaran waktu dibagi menjadi kelonggaran tetap (misalnya istirahat pribadi 5%, kelelahan 4%) dan kelonggaran tidak tetap yang dipengaruhi oleh faktor kerja fisik, mental, dan lingkungan seperti posisi kerja, beban angkat, pencahayaan, suhu, kebisingan, dan

tingkat perhatian. Masing-masing faktor memberikan tambahan waktu yang berbeda, sehingga waktu baku dan standar dapat mencerminkan kondisi kerja sebenarnya. Penerapan kelonggaran ini membantu membuat perencanaan produksi lebih akurat, efisien, dan realistis.

Tabel 10. *Allowance*

Tahapan produksi	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Allowance
Pembuatan Pola	5%	4%	0%	2%	0%	0%	3%	2%	0%	1%	1%	0%	18%
Pemotongan Pola	5%	4%	0%	2%	0%	0%	3%	2%	0%	1%	1%	0%	18%
Penjahitan Kaos	5%	4%	0%	2%	0%	0%	3%	5%	0%	1%	1%	0%	21%
Penjahitan Rib Leher	5%	4%	0%	2%	0%	0%	3%	5%	0%	1%	1%	0%	21%
Pemeriksaan	5%	4%	0%	2%	0%	0%	3%	5%	0%	1%	1%	0%	21%

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Tabel 10 menunjukkan persentase kelonggaran waktu (*allowance*) yang diterapkan pada berbagai tahapan produksi, mulai dari pembuatan pola, pemotongan pola, penjahitan, hingga pemeriksaan. Pada tahap pembuatan dan pemotongan pola, total kelonggaran yang diperhitungkan sebesar 18%, yang mencakup waktu untuk kelonggaran pribadi, kelelahan dasar, berdiri, dan faktor lingkungan seperti pencahayaan serta suhu. Nilai *allowance* ini mencerminkan kondisi kerja yang relatif stabil dan tidak terlalu berat secara fisik maupun mental.

Sementara itu, pada tahapan penjahitan kaos, penjahitan rib leher, dan pemeriksaan, total kelonggaran meningkat menjadi 21%. Kenaikan ini terutama disebabkan oleh kondisi kerja yang lebih menuntut, seperti peningkatan tingkat kebisingan dan ketegangan mental yang memerlukan konsentrasi tinggi. Penambahan *allowance* ini penting untuk mengakomodasi kelelahan fisik dan

mental pekerja, sehingga perhitungan waktu standar menjadi lebih realistis dan mendukung perencanaan produksi yang efisien dan berkualitas.

Penentuan Waktu siklus, Waktu Normal, dan Waktu baku

Sebagai contoh perhitungan waktu siklus, waktu normal, dan waktu standar pada proses pembuatan pola kaos *job 1* :

Waktu siklus

$$W_s = \frac{\sum \bar{x}}{n}$$

$$= \frac{52+54+50+53+51+55+52+55+54+50}{10} =$$

52,6 detik

Waktu normal

$W_n = W_s \times P$

$$= 52,6 \times 1 = 52,6 \text{ detik}$$

Waktu standar

$$W_b = W_n \times \frac{100\%}{100\% - allowance}$$

$$= 52,6 \times \frac{100\%}{100\% - 18\%} = 64,14 \text{ detik}$$

Tabel 11. Rekapitulasi Perhitungan Waktu Standar

Job	Waktu Standar (Detik)				
	Pembuatan Pola	Pemotongan Pola	Penjahitan	Pembuatan Rib Leher	Pemeriksaan
1	64,14	82,4	1.067,21	53,92	57,46
2	81,58	91,46	1.258,3	97,59	63,29
3	66,58	85,48	1.067,9	56,96	66,2
4	83,04	91,95	1.265,06	102,4	64,68

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Tabel 11 memuat rekapitulasi waktu standar (dalam detik) untuk beberapa pekerjaan dalam proses produksi, yaitu pembuatan pola, pemotongan pola, penjahitan, pembuatan rib leher, dan pemeriksaan pada empat *job* berbeda.

Dari data tersebut, waktu standar untuk tahap penjahitan memiliki durasi yang paling lama dibandingkan tahapan lainnya, dengan kisaran antara 1.067,21 detik hingga 1.265,06 detik, yang menunjukkan penjahitan merupakan

proses yang paling memakan waktu. Tahap pembuatan pola dan pemeriksaan memiliki waktu standar yang relatif lebih singkat, masing-masing sekitar 53 sampai 83 detik dan 57 sampai 66 detik. Perbedaan waktu standar antar *job* pada setiap tahapan produksi mencerminkan variasi kompleksitas atau volume kerja pada setiap *job*, khususnya pada tahap penjahitan dan pembuatan rib leher yang mengalami peningkatan waktu cukup signifikan dari *job* 1 ke *job* 4. Data ini nantinya

akan digunakan sebagai dasar perhitungan waktu proses keseluruhan untuk tiap-tiap mesin.

Waktu Proses Mesin

Sebagai contoh perhitungan waktu proses tiap mesin pada *job* 1 :

Total waktu proses = $(W_b \times \text{jumlah permintaan}) / (\text{jumlah mesin})$

Total waktu proses = $(64,14 \times 260) / 2 = 8.338,2$ detik = 138,97 menit.

Tabel 12. Rekapitulasi Total Waktu Proses Tiap Mesin

Job	Waktu Proses Tiap Mesin (Menit)				
	Pembuatan Pola	Pemotongan Pola	Penjahitan	Pembuatan Rib Leher	Pemeriksaan
1	138,97	178,53	2.312,29	116,83	124,5
2	81,58	91,46	1.258,3	97,59	63,29
3	99,87	128,22	1.601,85	85,44	99,3
4	138,4	153,25	2.108,43	170,67	107,8

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Tabel 12 menunjukkan total waktu proses tiap mesin dalam menit untuk beberapa *job* pada tahapan produksi, mulai dari pembuatan pola hingga pemeriksaan. Variasi waktu antar *job* dan tahapan menggambarkan perbedaan beban kerja dan kompleksitas tiap pekerjaan, hasil perhitungan data waktu proses tiap mesin nantinya akan dijadikan dasar perhitungan dari ketiga metode yang digunakan dalam penelitian ini.

Metode Perusahaan

Perusahaan melakukan penjadwalan dengan menggunakan metode *First Come First Serve* (FCFS) dalam rantai produksinya. Urutan pesanan yang digunakan oleh perusahaan yaitu *Job* 1 – *Job* 2 – *Job* 3 – *Job* 4. Menghasilkan makespan selama 7.876,84 menit.

Metode Campbell Dudek Smith

Jumlah Mesin :

$M = 5$

Mesin 1 = pembuatan pola

Mesin 2 = pemotongan pola

Mesin 3 = penjahitan

Mesin 4 = pembuatan rib leher

Mesin 5 = pemeriksaan

Maka iterasi CDS :

$K = M - 1 = 4$

Iterasi 1 ($k = 1$)

Mesin semu 1 :

$t_{ki,1} = t_{i,1}$

yaitu, waktu dari mesin 1

Mesin semu 2 :

$t_{ki,1} = t_{i,m}$

yaitu, waktu dari mesin ke 5

Tabel 13. Iterasi 1

Job	Mesin 1 (menit)	Mesin 5 (menit)
1	138,97	124,5
2	81,58	63,29
3	99,87	99,3
4	138,4	107,8

Urutan *job* = 1-4-3-2

Total makespan = 7.758,25 menit

Iterasi 2 ($k = 2$)

Mesin semu 1 :

$t_{ki,1}^k = t_{i,1} + t_{i,2}$

yaitu, waktu mesin 1 + waktu mesin 2

Mesin semu 2 :

$t_{ki,1}^k = t_{i,m} + t_{i,m-1}$

yaitu, waktu mesin 5 + waktu mesin 4

Tabel 14. Iterasi 2

Job	Mesin 1 + 2 (menit)	Mesin 5 + mesin 4 (menit)
1	317,5	241,32
2	173,04	160,88
3	228,09	184,74
4	291,65	278,47

Urutan *job* = 4-1-3-2

Total makespan = 7.733,4 menit

Iterasi 3 ($k = 3$)

Mesin semu 1 :

$t_{ki,1}^k = \sum_{j=1}^m t_{i,j}$

yaitu, waktu mesin ke 1 + mesin ke 2 + mesin ke 3

Mesin semu 2 :

$$t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^m t_{i,j}$$

yaitu, waktu mesin 5 + waktu mesin 4 + waktu mesin 3

Tabel 15. Iterasi 3

Job	Mesin 1 + 2 +3 (menit)	Mesin 5 + mesin 4 + mesin 3
1	2.629,79	2.553,61
2	1.431,34	1.419,18
3	1.829,94	1.786,59
4	2.400,08	2.386,9

Urutan *job* = 1-4-3-2

Total *makespan* = 7.759,25 menit

Iterasi 4 (*k* = 4)

Mesin semu 1 :

$$t_{i,1}^k = \sum_{j=1}^m t_{i,j}$$

yaitu, waktu mesin ke 1 + mesin ke 2 + mesin ke 3 + waktu mesin 4

Mesin semu 2 :

$$t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^m t_{i,j}$$

yaitu, waktu mesin 5 + waktu mesin 4 + waktu mesin 3 + waktu mesin 2

Tabel 16. Iterasi 4

Job	Mesin 1 + mesin 2 + mesin 3 + mesin 4 (menit)	Mesin 5 + mesin 4 + mesin 3 + mesin 2 (menit)
1	2.754,29	2.732,15
2	1.494,63	1.510,64
3	1.929,24	1.914,81
4	2.507,88	2.540,15

Urutan *job* = 1-4-3-2

Total *makespan* = 7.759,25 menit

Hasil perhitungan ke 4 iterasi didapatkan hasil seperti pada tabel 14

Tabel 17. Rekapitulasi *Makespan* Metode CDS

Iterasi	Urutan <i>Job</i>	<i>Makespan</i> (menit)
K = 1	1-4-3-2	7.758,25
K = 2	4-1-3-2	7.732,4
K = 3	1-4-3-2	7.758,25
K = 4	1-4-3-2	7.758,25

(Sumber : Pengolahan Data)

Dari tabel 14 diketahui bahwa *makespan* terkecil adalah 7.732,4 menit dengan urutan *job* 4- *job* 1- *job* 3- *job* 2.

Metode Palmer

Menghitung bobot *slope index*

Karena ada 5 mesin (*m* = 5), maka bobot tiap mesin dihitung dengan rumus:

Bobot ke-*j* = *m*-(2*j*-1)

Didapatkan hasil perhitungan seperti pada tabel 18

Tabel 18. Bobot *Slope Index*

Mesin ke- <i>j</i>	Bobot (<i>m</i> -(2 <i>j</i> -1))
M1 (<i>j</i> =1)	5 - (2x1 - 1) = 4
M2 (<i>j</i> =2)	5 - (2x2 - 1) = 2
M3 (<i>j</i> =3)	5 - (2x3 - 1) = 0
M4 (<i>j</i> =4)	5 - (2x4 - 1) = -2
M5 (<i>j</i> =5)	5 - (2x5 - 1) = -4

Menghitung nilai *slope index*

Menggunakan rumus

$$S_i = - \sum_{j=1}^m (m - (2j - 1)) t_{ij}$$

Sebagai contoh untuk *job* 1

$$S_1 = -[(4)(138,97) + (2)(178,53) + (0)(2.312,29) + (-2)(116,83) + (-4)(124,5)] = -181,28$$

Urutkan berdasarkan *slope index* terbesar ke terkecil

Tabel 19. *Slope Index*

Job	Si
1	-181,28
2	-61
3	-87,84
4	-87,56

Sehingga didapatkan urutan penjadwalan yaitu *job* 2 – *job* 4 – *job* 3 – *job* 1 dengan *makespan* sebesar 7.695,24 menit.

Metode Dannenbring

Menghitung nilai Pi1 dan Pi2

Untuk 5 mesin *j* = 1 sampai 5 bobot dihitung dengan rumus :

$$Pi1 = \sum (-j + 1) \cdot t_{ij}$$

$$Pi2 = \sum (j) \cdot t_{ij}$$

Bobot untuk Pi1 = (0, -1, -2, -3, -4) dan untuk bobot Pi2 = (1,2,3,4,5)

Perhitungan Pi1 dan Pi2

Untuk *job* 1

$$Pi1 = (0)(138,97) + (-1)(178,53) + (-2)(2.312,29) + (-3)(116,83) + (-4)(124,5) = -5.651,6$$

$$Pi2 = (1)(138,97) + (2)(178,53) + (3)(2.312,29) + (4)(116,83) + (5)(124,5) = 8.522,72$$

Urutkan berdasarkan Pi1 + Pi2

Tabel 20. Rekapitulasi Pi1 dan Pi2

Job	Pi1	Pi2
1	-5.651,6	8.522,72
2	-3.153,99	4.746,21
3	-3.985,4	5.999,12
4	-5.313,32	7.991,87

Dari tabel 20 didapatkan urutan Job 1 – Job 4 – Job 3 – Job 2 dengan *makespan* 7.758,25 menit

Tabel 21. Perbandingan Hasil Perhitungan

Metode Penjadwalan	Urutan Job	Makespan (Menit)
<i>First Come First Serve</i>	1 – 2 – 3 – 4	7.876,84
<i>Campbell Dudek Smith</i>	4 – 1 – 3 – 2	7.732,4
<i>Palmer</i>	2 – 4 – 3 – 1	7.695,24
<i>Dannenbring</i>	1 – 4 – 3 – 2	7.758,25

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan hasil perhitungan dengan empat metode penjadwalan dari tabel 21, diperoleh nilai *makespan* yang berbeda. Metode *First Come First Serve* (FCFS) menghasilkan urutan job 1 – 2 – 3 – 4 dengan *makespan* sebesar 7.876,84 menit, yang merupakan waktu penyelesaian terlama dibandingkan dengan metode lainnya. Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) menghasilkan urutan job 4 – 1 – 3 – 2 dengan *makespan* sebesar 7.732,4 menit. Sementara itu, metode *Palmer* menghasilkan urutan 2 – 4 – 3 – 1 dengan *makespan* 7.695,24 menit, menjadi metode dengan waktu penyelesaian paling singkat. dan metode *Dannenbring* menghasilkan urutan 1 – 4 – 3 – 2 dengan *makespan* 7.758,25 menit. Dari hasil tersebut, dapat dilihat bahwa metode *Palmer* memberikan waktu penyelesaian paling rendah, sedangkan *First Come First Serve* menghasilkan waktu penyelesaian paling tinggi. Dimana selisih antara metode *First Come First Serve* dengan metode *Palmer* adalah (7.876,84 menit – 7.695,24 menit) sebesar 181,6 Menit.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dilakukan sebelumnya telah dilakukan perhitungan pada empat metode dimana

didapatkan hasil bahwa metode *First Come First Serve* menghasilkan *makespan* sebesar 7.876,84 menit, metode *Campbell Dudek Smith* menghasilkan *makespan* sebesar 7.732,4 menit, metode *Dannenbring* menghasilkan *makespan* sebesar 7.758,25 menit. Sehingga metode *Palmer* adalah metode dengan *makespan* terkecil, dengan urutan job 2 – 4 – 3 – 1 dan *makespan* sebesar 7.695,24 menit. Sehingga metode ini adalah metode yang direkomendasikan digunakan untuk penjadwalan produksi pada Sintetic Store Malang.

Saran

Sintetic Store Malang disarankan untuk mengimplementasikan metode *Palmer* dalam penjadwalan produksi karena metode ini memberikan waktu penyelesaian total yang paling rendah dan dapat membantu mengurangi risiko keterlambatan pesanan.

Perusahaan perlu melakukan evaluasi secara berkala terhadap penerapan metode penjadwalan untuk memastikan bahwa jadwal produksi berjalan sesuai rencana dan melakukan penyesuaian jika diperlukan agar tetap dapat memenuhi target waktu pengiriman.

Metode yang digunakan pada penelitian ini juga bisa digunakan pada proses produksi job lainnya disesuaikan dengan kondisi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldo Buyung & Yustina Ngatilah. (2021). Aanalisa Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith Di Pt. Elang Jagad. Juminten : Jurnal Managemen Industri Dan Teknologi.
- Andika Ahmad Maulana, Ahmad Rizqy, & Reza Thuroni. (2020). Sistem Produksi Flowshop Pada Rumah Kreasi Yogyakarta Menggunakan Software Flexsim 6.0. Prosiding IENACO 2020.
- Antari, N. K. D. P., Harini, L. P. I., & Tastrawati, N. K. T. (2021). Analisis Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith Dan Dannenbring Dalam Meminimumkan Total Waktu Produksi Beras. E-Jurnal Matematika, 10(4), 215. <https://doi.org/10.24843/Mtk.2021.V10.I04.P345>

- Firdaus, M. F., Amalia, A. N., & Widarman, A. (2024). Penjadwalan Produksi Label Menggunakan Metode Palmer Untuk Meminimasi Makespan Di CV. PQR. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 7(3), 1641–1649.
<https://doi.org/10.31004/Jutin.V7i3.30829>
- Nanang Nazarudin Dan Tegar Putramas. 2022. Analisis Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Shortest Processing Time Untuk Meningkatkan Produktivitas Kerja Pada Ukm Sartika Dms Kujangsari Di Kota Banjar. *Jurnal Industrial Galuh*, Vol. 4 No. 1.
- Nuriza, M. I., & Oktiarso, T. (T.T.). Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma Dannenbring Dan Branch And Bound Pada Produksi Atap Galvalum Di PT NS Bluescope Lysaght Indonesia Production Scheduling For Galvalum Roof With Dannenbring And Branch And Bound Algorithm At PT NS Bluescope Lysaght Indonesia.
- Rahmawati, P. (2025). Usulan Perbaikan Sistem Kerja Pada Proses Produksi Kue Koya Pada Cv. Sumbermas Cipta Agung.
- Safitri, R. I. (2019). Analisis Sistem Penjadwalan Produksi Berdasarkan Pesanan Pelanggan Dengan Metode FCFS, LPT, SPT Dan EDD Pada PD. X. *Jurnal Optimasi Teknik Industri*, 1(2), 26–30.
- Wijayanti, A. T., Septia Nova, T., Hastawati, D., & Suroso, C. (T.T.). Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas (Re-Layout) Pada Produksi Kerupuk Di UD. Sekar.
- Wafi Hanan Khaisar Aji. 2021. Analisis Beban Kerja Dengan Metode Stopwatch Time Study Pada Pekerja Lini Produksi Paddock Sepeda CV. Sumber Baru Rekso.